

Aus der Abteilung für zahnärztliche Werkstoffkunde und Technologie
(Vorsteher : Prof.Dr.H.Marx)
der Klinik und Poliklinik für Zahn-,Mund-und Kieferkrankheiten
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

**Zusammenhänge zwischen Druckfestigkeit,
Biegezugfestigkeit und Kugeldruckhärte verschiedener
Dentalgipse in Abhängigkeit von Mischtechnik und Lagerung**

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Würde eines Doktors
der Zahnheilkunde
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
den Medizinischen Fachbereichen

vorgelegt von
Rainer Hänel
aus Dresden

Mainz 1973

Aus der Abteilung für zahnärztliche Werkstoffkunde
und Technologie (Vorsteher: Prof. Dr. H. Marx) der
Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund und Kiefer-
krankheiten der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

ZUSAMMENHÄNGE ZWISCHEN DRUCKFESTIGKEIT, BIEGEZUG-
FESTIGKEIT UND KUGELDRUCKHÄRTE VERSCHIEDENER
DENTALGIPSE IN ABHÄNGIGKEIT VON MISCHTECHNIK UND
LAGERUNG

Inauguraldissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz,
den Medizinischen Fachbereichen vorgelegt von

Rainer Hänel
aus Dresden

M a i n z 1 9 7 3

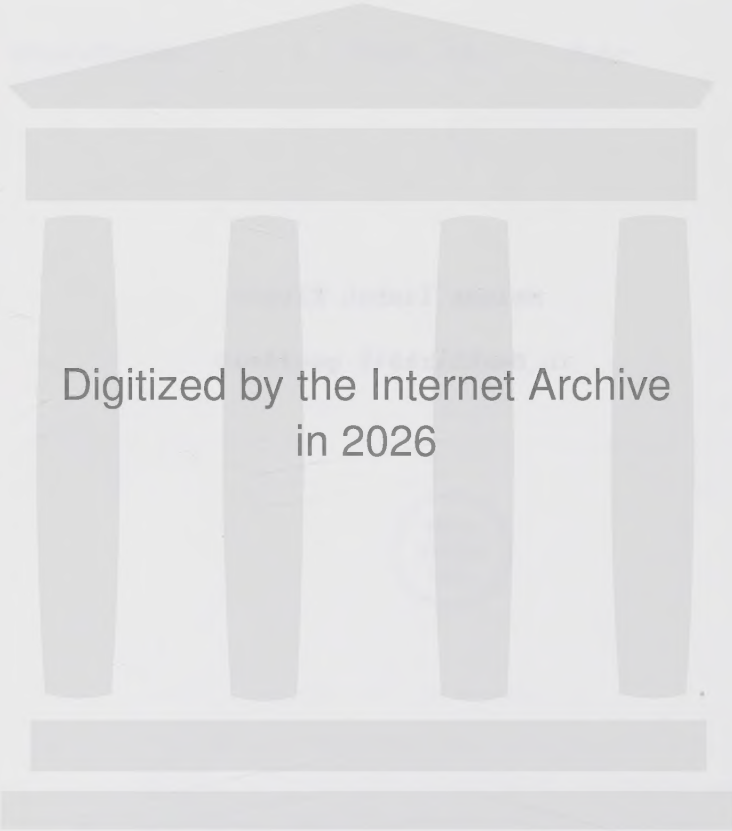
Fachbereichs-Dekan: Prof. Dr. Dr. Ketterl

Referent : Prof. Dr. Marx

Korreferent : Prof. Dr. Fuhr



Meinen lieben Eltern
in Dankbarkeit gewidmet



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung und Problemstellung	1
2. Literatur zum Problem	2
3. Versuchsbedingungen	5
3.1 Materialien	
3.2 Mischtechnik	
3.3 Beschreibung der Prüfkörperschablone	
3.4 Lagerung	
4. Apparaturen für Festigkeits- und Härteuntersuchungen	15
5. Versuchsergebnisse	19
5.1 Tabellen	
5.2 Graphische Darstellung	
5.3 Diskussion	
6. Zusammenfassung	42
7. Literaturverzeichnis	43
8. Lebenslauf	47

1. Einleitung und Problemstellung

Der Anwendungsbereich der verschiedenen Dentalgipse ist sehr umfassend. Er reicht von der Abdrucknahme im Mund über die Herstellung von Situations- und Arbeitsmodellen der Kiefer bis zu Stumpfmodellen für Inlays, Kronen- und Brückenarbeiten.

Neben hohen Anforderungen an Abformschärfe, Volumenkonstanz, Homogenität usw. werden vor allem hohe Festigkeitswerte im Widerstand gegen Druck- und Biegezugkräfte erwartet.

Da die Zahl der auf dem Markt angebotenen Materialien, besonders die der harten und superharten Dentalgipse ständig zunimmt, liegt es nahe, zu prüfen, ob die zur Beurteilung ihrer Festigkeitswerte herangezogenen Prüfungen auf Druckfestigkeit, Biegezugfestigkeit und Härte einen gemeinsamen und gleichgültigen Aussagewert haben.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich daher mit der Frage, ob die Aussagen der verschiedenen Untersuchungsmethoden über die physikalischen Eigenschaften von Dentalgipsen einen gemeinsamen Nenner besitzen, oder nur spezifisch für das jeweilige Prüfverfahren sind.

2. Literatur zum Problem

PORT (15) erkennt 1906 nach einer werkstoffkundlichen Versuchsreihe Zusammenhänge zwischen Gipstemperatur und W/P-Relation.

BENNSTEIN (5) stellt 1919 fest, daß die Abbinde-temperatur ein wesentliches Kriterium für die Abbindegeschwindigkeit des Gipses darstellt.

BAKKER (1) schließt 1923 aus der mit einem Kalorimeter gemessenen Wärme auf die Härte des Gipses.

SCHUBERT (22) untersucht 1931 den Gips Moldano auf seine Härte mittels des Kugeldruckverfahrens nach Brinell; W/P-Relation ist 1 : 3. Lagerung der Prüfkörper 1 Std. und 24 Std. bei Raumtemperatur.

SCHALON und ELMERICH (21) stellen 1933 in einer experimentellen Versuchsreihe fest, daß Moldano eine wesentlich günstigere Verarbeitungsbreite hat als Alabastergips oder Marmorgips.

WEIKART (24) testet 1938 Moldano auf seine Härte nach 1 Std. ($9,3 \text{ kp/mm}^2$) und nach 24 Std. ($19,1 \text{ kp/mm}^2$).

ILG (11) veröffentlicht 1949 Ergebnisse seiner Untersuchungen zur Definition einer Formel für die Berechnung der Brinellhärte.

KAUFMANN (12) setzt 1949 eine Testserie über das Verhalten von abgebundenem Stuckgips bei verschiedenen Temperaturen und Luftfeuchtigkeiten an.

DREYER-JØRGENSEN (8) veröffentlicht 1951 eine Arbeit über Zusammenhänge zwischen Härte und Kompressibilität des Gipses.

DREYER-JØRGENSEN und KONO (9) machen 1971 Angaben zu Porosität, Bruchfestigkeit und Standardkonsistenz dentaler Hartgipse.

REHBERG und BECHERER (18) erkennen 1954, daß Brennzeit, Brenntemperatur und Mahlfeinheit wesentliche Kriterien für die Kristallstruktur und -größe und somit für die Härte des Gipses sind.

RATZOW (17) stellt 1956 einen Test über die Formfestigkeit von Gips in der Zahntechnik an.

DIMITROW (7) gibt 1959 Anleitungen zur Herstellung von Moldano aus weißem Gips, Bauzement, Kochsalz und blauer Farbe.

SCHWINDLING und GENIESER (23) stellen 1962 Experimente an über Volumenverhalten, Härte und Bruchfestigkeit neuer Dentalgipse.

RITZE (19) stellt 1966 fest, daß neben der Kugeldruckhärte auch Druckfestigkeitsprüfungen wichtig sind für Aussagen über die physikalischen Eigenschaften eines Dentalgipses.

HOFMANN (10) unterzieht 1967 Duroc, Vel-mix-stone und Glastone Messungen über Volumenverhalten, Härte und Kantenfestigkeit.

LENZ (13) untersucht 1969 Moldaroc, Durac, Gallé auf ihre Härte.

SALAMON (20) stellt 1971 experimentelle Untersuchungen über Druckfestigkeit und Kugeldruckhärte harter und superharter Dentalgipse an.

3. Versuchsbedingungen

3.1 Materialien

Der Fachnormenausschuß Dental empfiehlt in seinem DIN-Entwurf für Dentalgipse (Vorlage Mai 1973) folgende Typeneinteilung:

Typ	I: Abdruckgips
Typ	II: Alabastergips
Typ	III: Hartgips
Typ	IV: Hartgips, extrahart (Stone)

Bei den Untersuchungen wurden folgende Dentalgipse als repräsentative Vertreter der verschiedenen Typen verwendet:

Typ II

NPU (E. Hinrichs)
Moldabaster (Bayer)
Record (K. Albaum)

Typ III und IV

Moldano (Bayer)
Duroc (Ransom & Randolph Co.)
Rapidur (Dentaurum)
Vel-mix-stone (Kerr)
Begodur (W. Herbst)

Aus Prospektangaben und ergänzenden Ausführungen seitens der Herstellerfirmen können über Verwendung, chemische und physikalische Eigenschaften der Gipse folgende Angaben gemacht werden:

Typ II

NPU ist ein raumbeständiger Edelalabaster, der sich auch für die Kautschuk- und Kunstharztechnik besonders eignet.

Mischungsverhältnis: 100 g : 50 ml
Anrührzeit : 1 Min.
Abbindezeit : 15 - 18 Min.

Moldabaster

Mischungsverhältnis: 100 g : 55 ml
Verarbeitungszeit : 7 Min.
Abbindezeit : 18 Min.
Abbinde-Expansion : 0,3 %
Brinellhärte : 3,0 bei 60 sec.

Record

Mischungsverhältnis: 150 g : 100 ml
Abbindezeit : 10 - 12 Min.
Gießzeit : 2,5 - 3 Min.
Streichzeit : 4 - 6 Min.
Druckfestigkeit : 195 kg/cm²
Biegefestigkeit : 76 kg/cm²

Druck- und Biegefestigkeit sind Trockenwerte.

Typ III und IV

Moldano

Mischungsverhältnis: 150 g : 30 ml
Verarbeitungszeit : 5 Min.
Abbindezeit : 10 Min.
Abbinde-Expansion : 0,18 %
Brinellhärte : 7,7

Duroc

Idealer Hartgips für:

Studiermodelle

Orthodontische Modelle

Arbeitsmodelle für Inlays

Mischungsverhältnis: 100 g : 24 ml

1. Härungsperiode : 8 - 10 Min.

Expansion nach der
Härtung : 0,05 %

Kompressionsfestigk.
nach 1 - 2 Std. : 400 kg/cm²

Kompressionsfestigk.
trocken : 810 kg/cm²

Rapidur

Chemische Eigenschaften:

Rapidur ist ein reiner Alpha-Halbhydrathplaster mit verschiedenen Zusätzen zur Regelung seiner physikalischen Eigenschaften. Alle Zusätze sind unschädlich und physiologisch unbedenklich.

Physikalische Daten:

Alle angegebenen Daten sind Mittelwerte bei einem Mischverhältnis von 100 Gewichtsteilen Rapidur zu 26 Gewichtsteilen Wasser ermittelt.

Optimales Mischungsverhältnis 26 : 100

Kornfeinheit nach DIN 1164

Rückstand auf Sieb 90 my = 1 - 1,5 %

Rückstand auf Sieb 63 my = 3 - 6 %

Versteifungsbeginn 5 min (nach DIN 1164/5 bzw.

Versteifungsende 8 min 1168/3)

Kugeldruckhärte (nach DIN 1168/2.8 bzw. DIN 50 351)

nach 60 min = 950 kg/cm²

nach 120 min = 1150 kg/cm²

nach 7 Tagen = 2500 kg/cm²

Biegefestigkeit (nach DIN 1164/7 bzw. 1168/2)

nach 4 Std. = 270 kg/cm²

nach 48 Std. = 280 kg/cm²

Ritzhärte, gemessen mit dem "Durimet",

Härteprüfgerät von Leitz, nach 2 Std. = 0,075 mm

nach 7 Tagen = 0,055 mm

Dichte = 3 gr/ml

Spezifische Oberfläche nach Blaine = 3000 cm²/gr.

Vel-mix-stone

Druckfestigkeit:

1 Std. feucht - 5.000 lbs per square inch

1 " trocken - 12.000 lbs per square inch

Abbinde-Expansion: 2 Std. 0,04 - 0,08 %

Abbindezeit : 8 - 10 Min.

Um die bei Vel-mix stone bei 15 Min. Verarbeitungsbreite erzielten Druckfestigkeitswerte zu erreichen, muß bei sämtlichen Konkurrenzmaterialien die Pulvermenge bereits derart angehoben werden, daß die Verarbeitungsbreite nicht mehr praxisnah ist.

Begodur

Härte nach	1 Std.:	19	kp/mm ²
"	"	2 Std.:	20,5 kp/mm ²
"	"	24 Std.:	25 kp/mm ²

Verarbeitungsbreite

nach Vicatest	:	11 - 13 Min.
Abbinde-Expansion	:	0,6 - 0,8 % linear
Anmischen	:	100 : 13 - 30 sec (elektr.)

Das Mischverhältnis richtete sich bei unseren Untersuchungen nach den Angaben des Herstellers zur Relation Wasser : Pulver. Die abgewogene Plastermenge wurde dem in einem geeichten Gefäß abgemessenen destillierten Wasser beigegeben.

Wassertemperatur: $23 \pm 1^{\circ} \text{C}$

Sumpfzeit: 30 sec.

Die Plastermenge für Untersuchungen auf Härte, Druck- und Biegezugfestigkeit beträgt 500 ccm.

Das Klima während der Lagerung und Prüfung soll nach DIN 50014 23°C und 50 % rel. Feuchte.

3.2 Mischtechnik

Das Gemisch Wasser : Pulver wird zur weiteren Verarbeitung

I. der Handmischung

II. der elektromotorischen Mischung

unterworfen.

Zu I: Bei der Handmischung wurde mit einer Geschwindigkeit von 120 U/min für ca. 40 sec gerührt.

Zu II: Die nach DIN 1164, Blatt 7, Absatz 1.3.1
gestellten Forderungen an den elektrischen
Mischer (Abb. 1 und Tabelle 1) werden mit
Einschränkungen vom "Motova-Vakuum-Rührge-
rät" der Fa. Herbst (Abb. 2 und 3) erfüllt.
Dieses Gerät wurde zur Mischung des nicht
evakuierten Gipsbreies benutzt.

Geschwindigkeit: 320 U/min, Mischzeit ca.
1 Min.

Um eine blasenfreie Konsistenz des Gipses
zu erreichen, wurde der Plaster auf dem
Vibrator (3.000 hz, Amplitude 0,75 mm) in
die Form eingerührt.

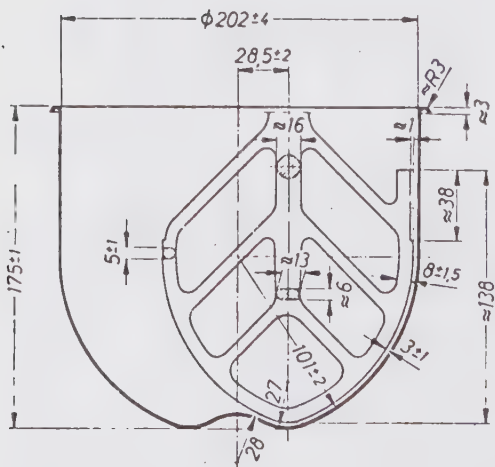


Abb. 1
Mischtrog und
Mischschaufel
nach DIN 1164

Mischgeschwindigkeit	Eigen- drehung		Umlauf um die Antriebs- achse U/min ≈
	U/min	zul. Abw. U/min	
niedrige Geschwindigkeit	140	± 5	62
hohe Geschwindigkeit	285	± 10	125

Tab. 1
Drehzahlen der
Mischschaufel
nach DIN 1164

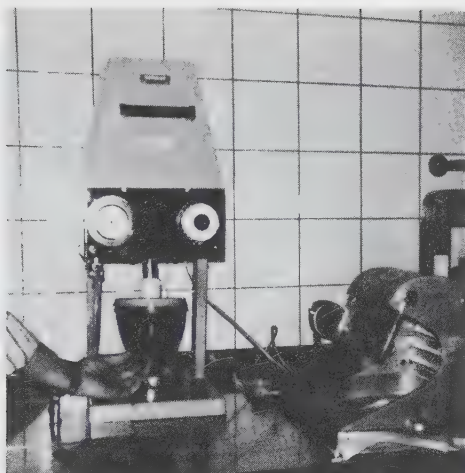


Abb. 2 Motova-Vakuum-Rührgerät
der Fa. Herbst

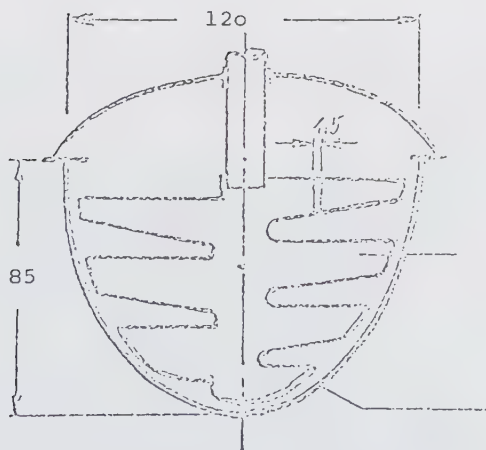


Abb. 3 Mischtrog und Mischschaufel
des Motova-Vakuum-Rührgerätes

3.3 Beschreibung der Prüfkörperschablone

Nach DIN 1164, Blatt 7, Absatz 2.2 müssen neue Formen folgender Abmessungen (in mm) aufweisen:

Länge	160	$\pm 0,4$
Breite	40	$\pm 0,1$
Höhe	40	$\pm 0,1$
Wandstärke	10	$\pm 0,025$ (s. Abb. 4)

Wir haben aus Gründen der Material- und Kostenersparnis diese zur Herstellung einer dreigeteilten Form geforderten Maße auf die Hälfte reduziert und einen Prüfkörper mit den Abmessungen 20 mm x 20 mm x 80 mm erhalten.

Die Wände der Form weisen eine Stärke von 3 mm auf, der Winkel zwischen den inneren Seitenflächen und der Grundplatte beträgt 90° . (s. Abb. 5 u. 6)

Um bei den Untersuchungen einen gesicherten statistischen Mittelwert zu erhalten, wurde die Form in zweifacher Ausfertigung hergestellt.

Damit konnten von jeder Gipssorte 6 Probekörper gegossen werden.

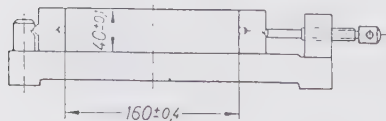
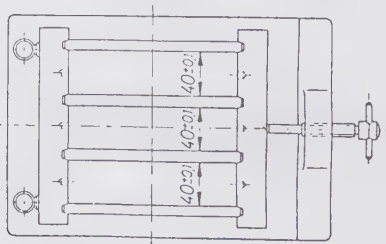


Abb. 4

Abmessungen der
Prüfkörperschablone
nach DIN 1164



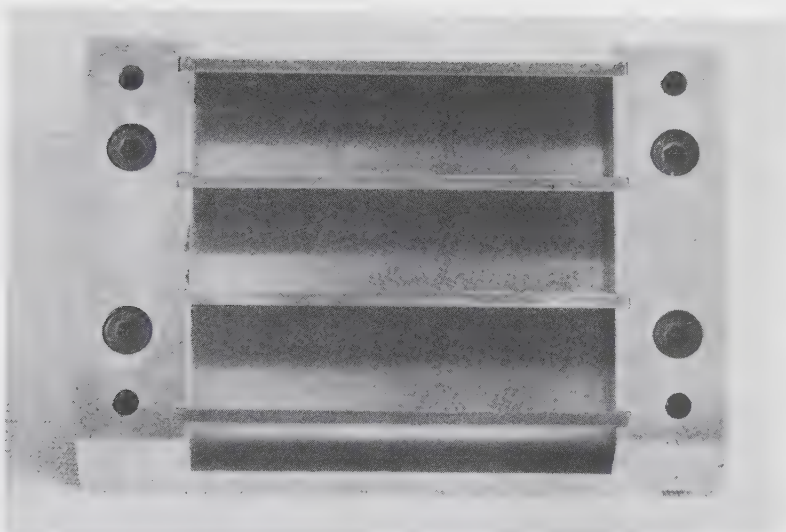


Abb. 5 Nach DIN 1164 modifizierte Prüfkörperschablone

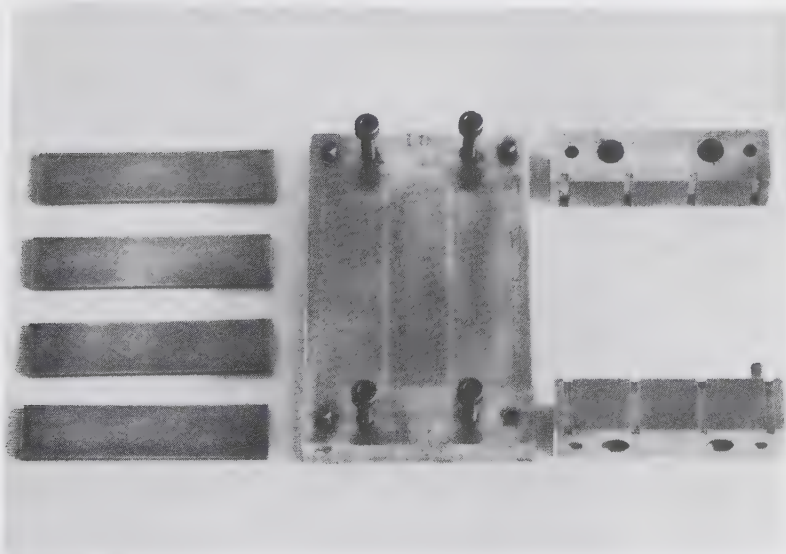


Abb. 6 Prüfkörperschablone zerlegt

3.4 Lagerung

15 Min. nach Mischbeginn wurden die Gipsprismen entformt und in einem geschlossenen Gefäß, dessen Boden 5 cm mit Wasser bedeckt ist,

I. 1 Std.

II. 24 Std.

auf einem Rost gelagert, um sie vor Austrocknung zu schützen. Nach Ablauf der Lagerungszeiten wurden sechs materialgleiche Probekörper zunächst auf ihre Biegezugfestigkeit untersucht. Nach dem Bruch wird der eine entstandene etwa 4 cm hohe Restkörper auf 3 cm gekürzt und exakt plan geschliffen um bei der anschließenden Prüfung auf Druckfestigkeit eine gleichmäßig verteilte Kraft der Druckplatten zu wirken.

Den anderen Restkörper haben wir der Prüfung auf Kugeldruckhärte unterzogen.

4. Apparaturen für Festigkeits- und Härteuntersuchungen

Zur Ermittlung der Festigkeitswerte haben wir die Zugprüfmaschine Nr. 1441 der Fa. Zwick herangezogen, die den allgemeinen Bedingungen für Zugprüfmaschinen nach DIN 51 220 Klasse 1 sowie DIN 51 221 entspricht. Dieses Gerät ist ausgerüstet mit Einrichtungen für weg- und trägheitsarme Kraftmessung und dient auch zur Bestimmung von Dehnung und Bruchdehnung verschiedener Werkstoffe. Nach DIN 1164 sind für die Festigkeitsuntersuchungen Geräte mit elektromotorisch angetriebenem Laufgewicht oder Maschinen mit Schrotzulauf zulässig.

Der Antriebsmotor der Zugprüfmaschine überträgt seine Kraft mittels Zahnriemen über Schneckengetriebe auf die Zugspindel. Für Biegeprüfungen ist das Gerät ausgerüstet mit Biegestempel und Biegeböcken, die nach DIN 17 100 aus St 60 bestehen sollen, für Druckprüfungen stehen Druckgehänge und Druckplatten zur Verfügung, deren gehärteter Stahl nach DIN 1164 eine Mindesthärte HRC 58 - 62 aufweisen soll.

Die Forderungen an die Prüfgeschwindigkeitskonstanz bei hohen Belastungen sind hinreichend erfüllt. Die Drehzahlveränderung beträgt bei maximaler Belastung bei der maximalen Prüfgeschwindigkeit - 7,5 % und bei der minimalen Prüfgeschwindigkeit + 4 %.

a) Biegezugfestigkeit

Nach DIN 1164 sollen Geräte zur Verfügung stehen, die im unteren Belastungsbereich von 60 bis 600 kp arbeiten und eine Fehlergrenze von 2 % nicht überschreiten.

In unserer Versuchsreihe lag die Prüfkraft im Meßbereich 200 kp, da nach den Probedurchgängen Werte um 100 kp zu erwarten waren. Der Probekörper lagerte gemäß DIN 1164 und DIN 1168 mit seiner Seitenfläche auf zwei gerundeten, im Abstand von 5 cm justierten Auflagern.

Durch die Rundung des Scheitels der Biegeböcke war eine Keilwirkung ausgeschlossen. Eine gleichmäßige Verteilung der Belastung auf den Probekörper war dadurch gewährleistet, daß der Scheitel des Auflagers rechtwinklig zur Längsachse des Probekörpers frei um seinen Drehpunkt kippbar war. Die Prüfkraft wurde konstant mit einer Geschwindigkeit von 5 kp/sec bis zum Bruch der Probe gesteigert.

Abb. 7 gibt Auskunft über die Versuchsanordnung. Eine halbrunde Schneide von gleichem Radius wie die Auflager überträgt die Kraft P auf den Prüfkörper.

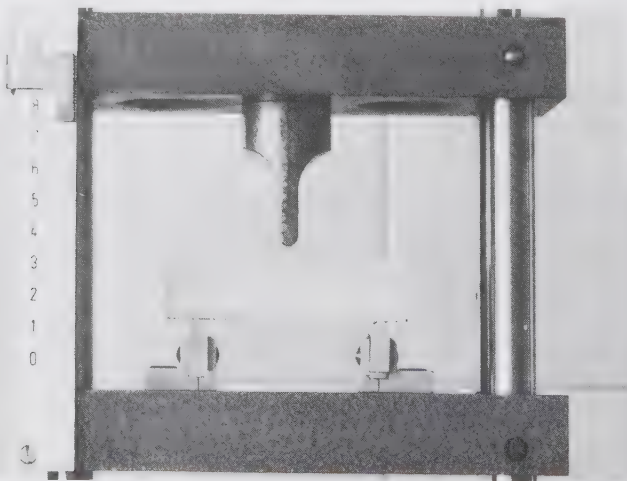


Abb. 7
Versuchsanordnung zur Messung auf Biegezugfestigkeit.

b) Druckfestigkeit

Nach der oben erläuterten Vorbehandlung des Probekörpers wurde dieser mittig zwischen die Druckplatten des Druckgehänges gestellt. Die Ebenheit der Druckplatten soll nach DIN 1164 eine Toleranz von $\pm 0,02$ mm nicht überschreiten.

Die Druckprüfmaschinen nach DIN 51 223 sollen im Kraftmeßbereich von 2 bis 20 Mp mindestens der Klasse 2 der DIN 51 220 entsprechen, während nach DIN 1164 die Belastung um ca. 300 kp/sec gesteigert werden soll. Bei unseren Versuchen lag die Prüfkraft, die über den in seiner Drehachse beweglichen Stempel auf den Probekörper einwirkt, im Meßbereich 1000 kp. Die Belastung wurde konstant mit einer Geschwindigkeit von ca. 400 kp/sec bis zum Bruch der Probe gesteigert.

Bei dem Gips Begodur setzte die Kraftanzeige mehrmals exakt am Ende des Meßbereichs aus, so daß Werte über 1000 kp vermutet werden konnten.

Abb. 8 zeigt Druckplatten und Prüfkörper.

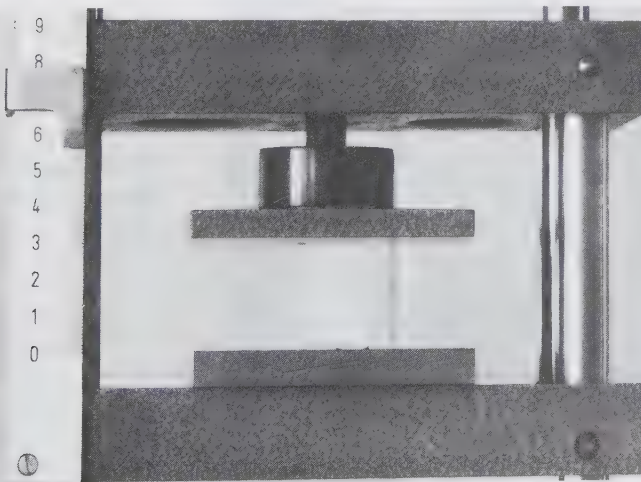


Abb. 8
Versuchs-
anordnung
zur Messung
auf Druck-
festigkeit

c) Kugeldruckhärte

Auf den Seitenflächen der zweiten Bruchhälfte der Prismen wurde die Härteprüfung durchgeführt. In unserer Versuchsreihe waren folgende Werte konstant:

Kugeldurchmesser:	5 mm
Vorlast	: 0,3 kg
Hauptlast	
Typ II	: 20 kp
Typ III u. IV	: 50 kp
Belastungszeit	: 10 sec

An jedem Probekörper wurden jeweils 5 Messungen durchgeführt. Aus den entstandenen 30 Werten errechnet sich der Eindringtiefe-Mittelwert. (s. Abb. 9)



Abb. 9

Kugeldruck-
härteprüfer
Z 426

5. Versuchsergebnisse

5.1 Tabellen 2 - 13

Symbole

△ = NPU

◁ = Moldabaster

▷ = Record

○ = Begodur

▽ = Vel-mix-stone

◇ = Duroc

□ = Rapidur

⬡ = Moldano

T a b e l l e 2

Bestimmung der Biegezugfestigkeit

Mischtechnik: manuell

Lagerung: 1 Std.

Nr. des Prüf- körpers	Symbole der Gipsorten							
	△	◁	▷	⬡	◊	▽	○	□
1	51,5	71,0	31,0	64,5	68,5	83,5	85,0	83,5
2	49,5	67,0	30,5	68,0	71,0	86,0	85,5	78,0
3	53,0	57,5	27,0	63,5	73,0	88,0	112,5	88,5
4	48,5	53,5	29,0	66,5	69,5	87,5	95,5	79,5
5	51,0	69,5	32,5	61,0	72,0	82,5	89,0	77,0
6	50,5	56,0	28,0	70,5	69,0	84,0	92,5	80,5
Mittel- wert in kp	50,6	62,4	29,6	65,6	70,5	85,2	93,3	81,1

T a b e l l e 3

Bestimmung der Biegezugfestigkeit

Mischtechnik: manuell

Lagerung: 24 Std.

Nr. des Prüf- körpers	Symbole der Gipsorten							
	△	◁	▷	⬡	◊	▽	○	□
1	51,5	54,5	25,0	71,5	66,0	90,0	85,5	81,5
2	48,0	61,5	29,0	74,0	67,5	85,0	82,0	76,0
3	47,0	63,0	24,5	68,5	69,0	76,0	87,5	71,5
4	53,5	69,6	31,0	66,0	68,5	79,0	81,5	74,5
5	52,0	58,5	24,0	72,5	65,0	89,0	90,5	79,0
6	50,5	62,0	26,5	66,5	63,5	83,5	83,0	80,0
Mittel- wert in kp	50,4	61,5	26,7	69,8	66,5	83,7	85,0	77,0

T a b e l l e 4

Bestimmung der Biegezugfestigkeit

Mischtechnik: maschinell Lagerung: 1 Std.

Nr. des Prüf- körpers	Symbole der Gipssorten							
	△	◁	▷	◊	◇	▽	○	□
1	56,5	38,5	33,5	89,0	83,0	101,5	114,0	84,5
2	55,5	38,5	32,5	85,5	84,0	87,5	107,5	80,5
3	54,0	33,5	32,0	84,5	87,5	81,5	93,0	80,0
4	55,0	36,0	34,0	87,5	85,0	93,5	100,5	78,5
5	53,5	39,0	34,5	86,0	86,5	96,0	96,0	82,0
6	54,0	34,5	31,0	88,0	89,0	84,0	111,0	81,0
Mittel- wert in kp	54,7	36,6	32,9	86,7	85,8	90,6	103,6	81,0

T a b e l l e 5

Bestimmung der Biegezugfestigkeit

Mischtechnik: maschinell Lagerung: 24 Std.

Nr. des Prüf- körpers	Symbole der Gipssorten							
	△	◁	▷	◊	◇	▽	○	□
1	54,5	58,5	25,5	67,0	85,5	83,5	96,5	74,0
2	56,0	63,5	29,0	75,5	78,5	101,0	88,0	78,0
3	59,5	58,0	28,5	77,5	74,5	95,0	97,0	72,5
4	55,5	61,0	26,5	73,5	78,5	98,0	79,5	78,5
5	55,0	60,5	27,5	69,0	78,5	111,5	90,0	81,5
6	52,5	64,0	25,0	75,0	71,5	92,0	95,5	82,5
Mittel- wert in kp	55,5	60,9	27,0	72,9	77,8	96,3	91,8	77,8

T a b e l l e 6

Bestimmung der Druckfestigkeit

Mischtechnik:manuell

Lagerung: 1 Std.

Nr. des Prüf- körpers	Symbole der Gipssorten							
	△	▷	◁	◻	◇	▽	○	□
1	219	209	126	420	699	563	796	499
2	233	240	157	393	678	480	836	423
3	248	231	140	392	643	622	740	527
4	251	254	140	342	578	522	752	511
5	212	271	163	375	610	592	784	499
6	209	259	147	381	665	543	769	484
Mittel- wert in kp	229	244	146	384	646	554	780	491

T a b e l l e 7

Bestimmung der Druckfestigkeit

Mischtechnik: manuell

Lagerung: 24 Std.

Nr. des Prüf- körpers	Symbole der Gipssorten							
	△	▷	◁	◻	◇	▽	○	□
1	229	265	129	433	460	492	1000	416
2	265	244	117	412	590	630	835	488
3	234	251	132	444	470	712	1000	376
4	276	263	148	389	510	582	872	411
5	264	238	109	464	540	610	930	482
6	241	269	124	404	656	575	1000	456
Mittel- wert in kp	252	255	127	424	523	600	940	438

T a b e l l e 8

Bestimmung der Druckfestigkeit

Mischtechnik: maschinell Lagerung: 1 Std.

Nr. des Prüf- körpers	Symbole der Gipssorten							
	△	◁	▷	⬡	◊	▽	○	□
1	241	191	163	478	743	490	902	381
2	286	174	150	418	723	462	750	548
3	241	174	157	508	693	562	706	544
4	245	191	152	535	714	450	746	518
5	254	195	156	528	695	572	965	493
6	249	183	159	512	722	588	1000	551
Mittel- wert in kp	253	185	156	497	715	521	845	506

T a b e l l e 9

Bestimmung der Druckfestigkeit

Mischtechnik: maschinell Lagerung: 24 Std.

Nr. des Prüf- körpers	Symbole der Gipssorten							
	△	◁	▷	⬡	◊	▽	○	□
1	266	225	126	413	530	684	904	542
2	265	244	132	408	428	793	862	509
3	270	264	129	433	474	810	770	524
4	260	245	122	440	478	555	835	493
5	238	241	139	412	463	795	790	478
6	259	239	133	418	482	786	890	511
Mittel- wert in kp	260	243	130	421	476	737	842	510

T a b e l l e 10

Bestimmung der Härte (Mittelwert von 6 Prüfkörpern pro Messung)

Mischtechnik: manuell

Lagerung: 1 Std.

Nr. der Messung	Symbole der Gipssorten							
	△	◁	▷	◻	◇	▽	○	□
1.	29,6	37,0	64,9	58,5	28,2	26,4	23,3	44,3
2.	29,6	38,2	65,8	61,6	27,3	26,1	22,2	45,1
3.	31,8	38,8	69,3	62,8	27,8	25,9	22,8	44,3
4.	29,8	40,6	66,6	61,6	27,6	25,4	22,0	40,8
5.	28,3	39,2	62,7	65,3	27,0	26,8	22,3	40,1
Mittelwert in 0,01 mm Eindringtiefe	30,3	38,7	65,8	61,9	27,5	26,1	22,5	42,9

T a b e l l e 11

Bestimmung der Härte (Mittelwert von 6 Prüfkörpern pro Messung)

Mischtechnik: manuell

Lagerung: 24 Std.

Nr. der Messung	Symbole der Gipssorten							
	△	◁	▷	◻	◇	▽	○	□
1.	28,6	41,3	63,2	42,9	32,0	24,9	20,3	28,8
2.	30,3	42,0	61,8	42,9	30,7	25,3	20,3	39,4
3.	30,8	40,3	61,0	42,8	29,9	24,2	20,8	38,3
4.	30,6	39,9	61,6	41,4	30,1	25,0	19,3	38,0
5.	32,2	42,3	62,8	42,7	31,6	25,5	19,1	37,7
Mittelwert in 0,01 mm Eindringtiefe	30,4	41,1	62,0	42,5	30,8	25,4	19,9	38,4

T a b e l l e 12

Bestimmung der Härte (Mittelwert von 6 Prüfkörpern pro Messung)

Mischtechnik: maschinell

Lagerung: 1 Std.

Nr. der Messung	Symbole der Gipssorten							
	△	◁	▷	◡	◊	▽	○	□
1.	30,8	41,2	61,8	42,8	27,3	28,3	22,8	46,4
2.	29,2	42,0	61,8	41,0	27,2	27,8	23,8	43,9
3.	28,9	41,6	62,8	41,9	26,4	27,9	22,5	43,8
4.	30,6	40,5	60,8	40,5	27,3	28,0	22,5	40,8
5.	30,6	41,5	61,9	42,4	26,4	28,0	22,8	40,6
Mittel- wert in 0,01 mm Eindring- tiefe	30,0	41,3	61,8	41,7	26,9	28,0	22,8	43,0

T a b e l l e 13

Bestimmung der Härte (Mittelwert von 6 Prüfkörpern pro Messung)

Mischtechnik: maschinell

Lagerung: 24 Std.

Nr. der Messung	Symbole der Gipssorten							
	△	◁	▷	◡	◊	▽	○	□
1.	23,2	26,3	61,8	42,7	29,3	19,9	22,7	34,5
2.	23,5	26,3	62,0	42,7	30,7	19,9	22,2	32,8
3.	23,0	26,3	64,3	43,4	30,3	20,9	20,8	32,8
4.	23,8	26,8	62,6	43,3	30,4	20,7	21,8	32,8
5.	23,1	26,9	63,4	42,3	29,7	19,8	20,8	33,0
Mittel- wert in 0,01 mm Eindring- tiefe	23,3	26,5	62,8	42,8	30,0	20,1	21,6	33,2

5.2 Graphische Darstellung

Stellt man sich unsere drei Meßwerte (Eindringtiefe bzw. Kugeldruckhärte, Druckfestigkeit und Biegezugfestigkeit) als die drei Dimensionen des Raumes vor, so hat jeder Prüfkörper entsprechend seinen Meßwerten (= Koordinaten) einen bestimmten Platz in diesem dreidimensionalen Raum.

Will man sich einen Eindruck von der Anordnung der Prüfkörper im Raum verschaffen, so kann man eine graphische Darstellung anfertigen. Dies bedeutet aber Projektion der Punkte im Raum auf die zweidimensionale Papierebene. Die von uns verwendete Hauptachsentransformation führt zu einer Projektion der Punkte auf eine Ebene, deren beide Dimensionen den Hauptachsen der dreidimensionalen "Punktwolke" unserer Prüfkörper entsprechen. Die erste Hauptachse ist hierbei diejenige Richtung im Raum, in der die Punktwolke die größte Ausdehnung aufweist. Die zweite Hauptachse steht rechtwinklig auf der ersten und wird weiterhin festgelegt durch die Richtung, in der bei dieser Winkelposition im Raum wiederum die größte Ausdehnung der Punktwolke vorhanden ist.

Mathematisch gesehen stellen diese beiden Koordinaten eines Punktes nach Durchführung der Hauptachsentransformation Linearkombinationen der drei Ausgangsvariablen (Meßwerte) dar - also Summen von Produkten (Jeder der Meßwerte wird mit einem Gewichtungsfaktor multipliziert). Tab. 14 zeigt die Gewichte für die ersten beiden Hauptachsen.

Tabelle 14

Gewichtungsfaktoren der Hauptachsentransformation

Meßwert	1. Hauptachse	2. Hauptachse
Biegezugfestigkeit	- 0,08	0,77
Druckfestigkeit	- 1,00	- 0,08
Eindringtiefe	0,04	- 0,63

Man sieht, daß die erste Hauptachse (Abszisse in den Abb. 10 bis 17) fast ganz von dem Meßwert Druckfestigkeit bestimmt wird (sie hat das größte Gewicht).

Die zweite Hauptachse (Ordinate in der Abb. 10 bis 17) wird etwa gleich stark von den beiden restlichen Meßwerten Biegezug und Eindringtiefe bestimmt.

Durch die Projektion auf die Hauptachsen (den mathematischen Hintergrund des Verfahrens der Hauptachsentransformation (14) können wir im Rahmen dieser Arbeit nicht darstellen) wird eine zweidimensionale Darstellung des dreidimensionalen Datenmaterials erzielt, bei der nur wenig Information unberücksichtigt bleibt.

Im Falle unserer Daten werden 99,85 % der Gesamtvarianz durch die beiden ersten Hauptkomponenten beschrieben.

A) 5.2.1 Programm der Alabastergipse (Typ II)

5.2.1.1 Mischtechnik

- I. manuell
- II. maschinell

5.2.1.2 Lagerung

- I. 1 Std.
- II. 24 Std.

5.2.1.3 Härteprüfkraft

20 kp

5.2.2 Symbole

- △ = NPU
- ◁ = Moldabaster
- ▷ = Record

Abb. 10

oben: Lage der Gipse Moldabaster, NPU, Record in der Ebene der beiden ersten Hauptachsen.

unten: Mittelwerte für die Meßwerte Biegezug und Eindringtiefe bei den gleichen Gipsen.

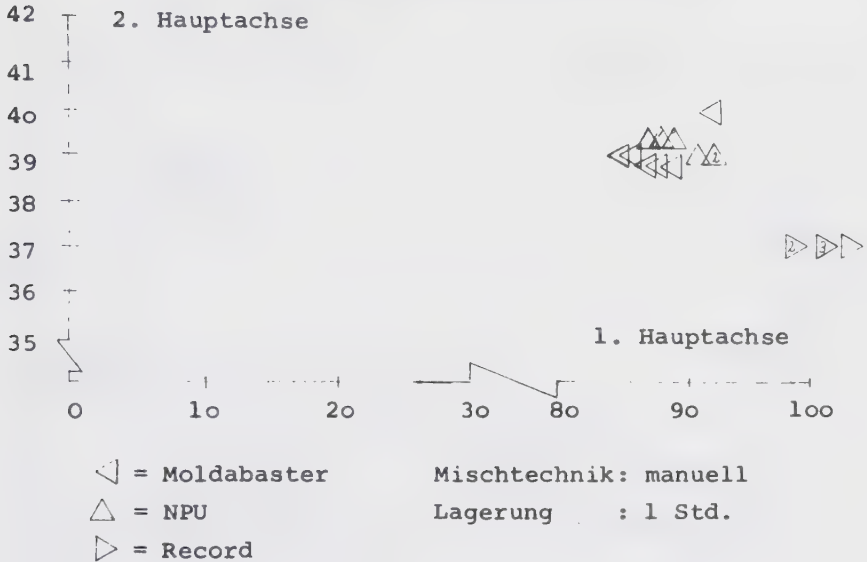
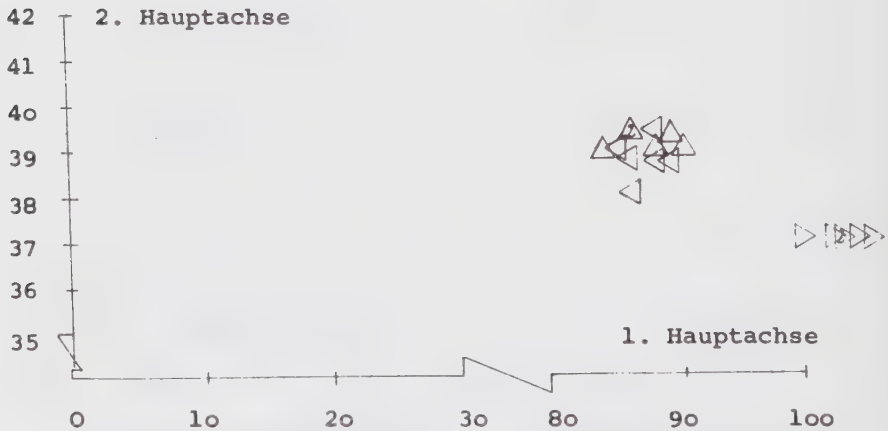


Abb. 11

oben: Lage der Gipse Moldabaster, NPU, Record in der Ebene der beiden ersten Hauptachsen.

unten: Mittelwerte für die Meßwerte Biegezug und Eindringtiefe bei den gleichen Gipsen



△ = Moldabaster
 △ = NPU
 ▷ = Record

Mischtechnik: manuell
 Lagerung : 24 Std.

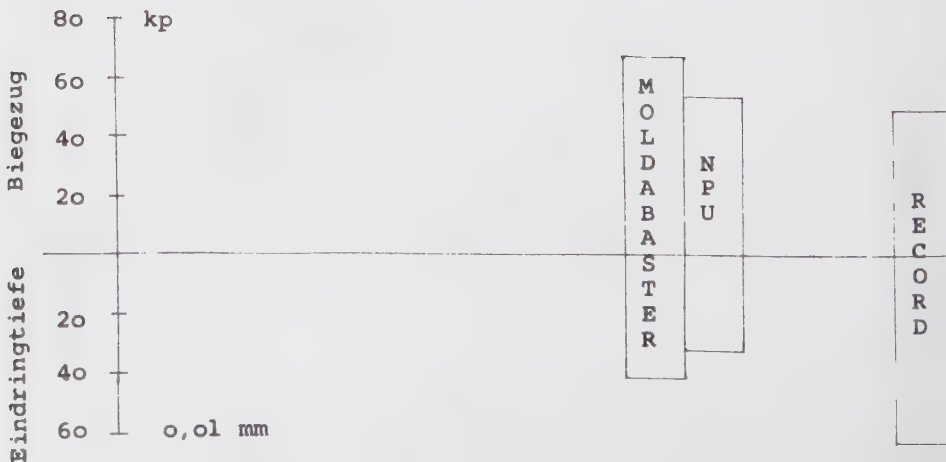
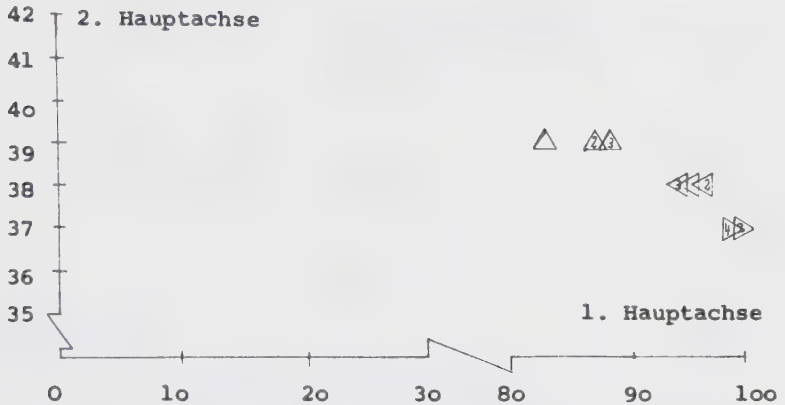


Abb. 12

oben: Lage der Gipse Moldabaster, NPU, Record in der Ebene der beiden ersten Hauptachsen.

unten: Mittelwerte für die Meßwerte Biegezug und Eindringtiefe bei den gleichen Gipsen.



△ = Moldabaster
 □ = NPU
 ◇ = Record

Mischtechnik: maschinell
 Lagerung : 1 Std.

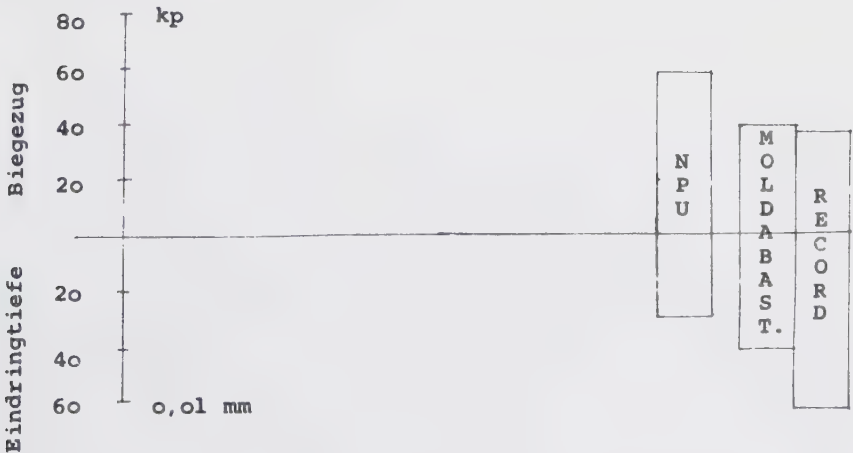
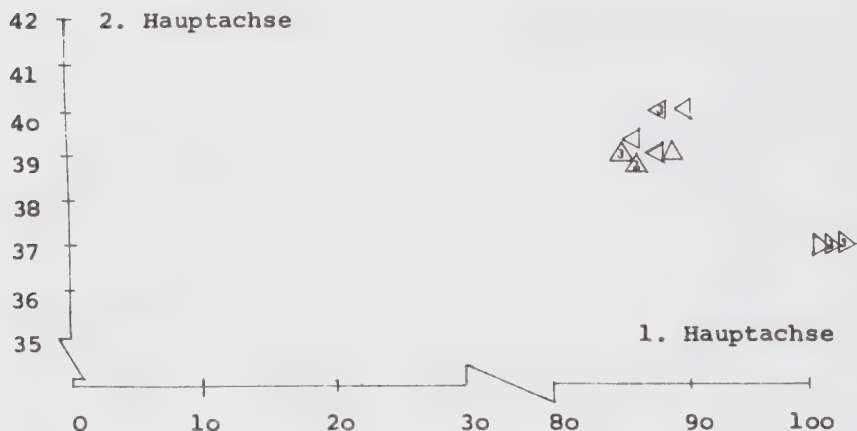


Abb. 13

oben: Lage der Gipse Moldabaster, NPU, Record in der Ebene der beiden ersten Hauptachsen.

unten: Mittelwerte für die Meßwerte Biegezug und Eindringtiefe bei den gleichen Gipsen.



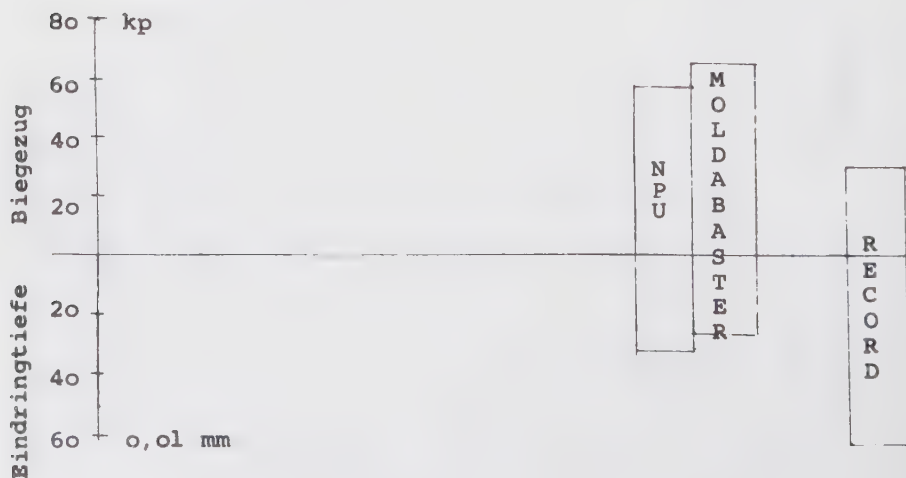
= Moldabaster

= NPU

= Record

Mischtechnik: maschinell

Lagerung : 24 Std.



B) 5.2.1 Programm der Hart- und Superhart-
Gipse (Typ III und IV)

5.2.1.1 Mischtechnik

I. manuell

II. maschinell

5.2.1.2 Lagerung

I. 1 Std.

II. 24 Std.

5.2.1.3 Härteprüfkraft

50 kp

5.2.2 S y m b o l e

○ = Begodur

▽ = Vel-mix stone

◇ = Duroc

□ = Rapidur

⬡ = Moldano

Abb. 14

oben: Lage der Gipse Begodur, Vel-mix stone, Duroc, Rapidur, Moldano in der Ebene der beiden ersten Hauptachsen.

unten: Mittelwerte für die Meßwerte Biegezug und Eindringtiefe bei den gleichen Gipsen.

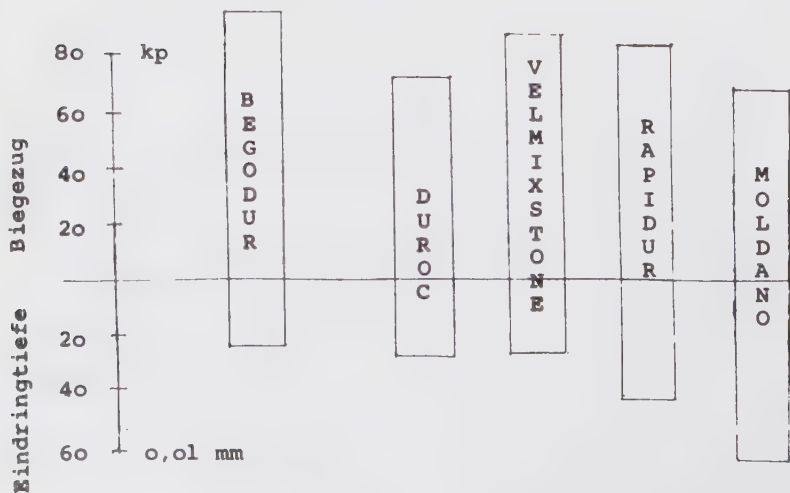
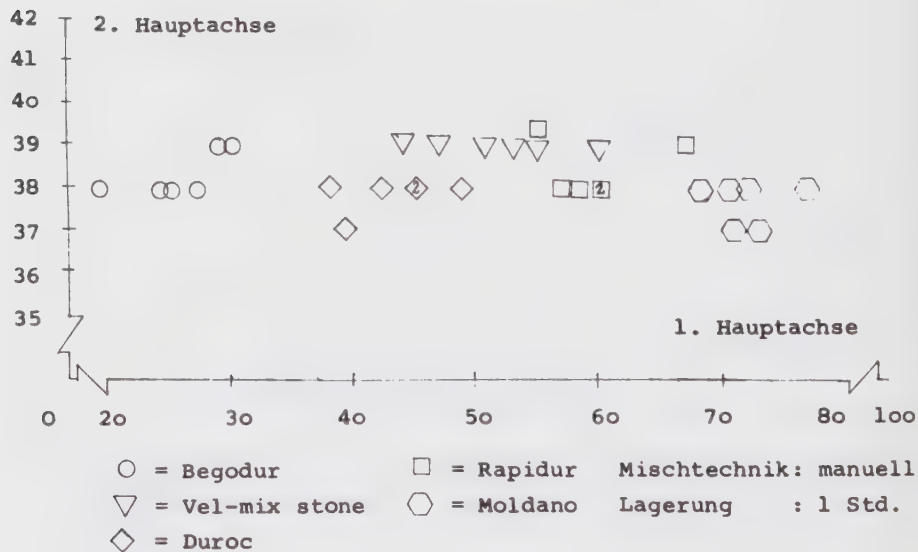
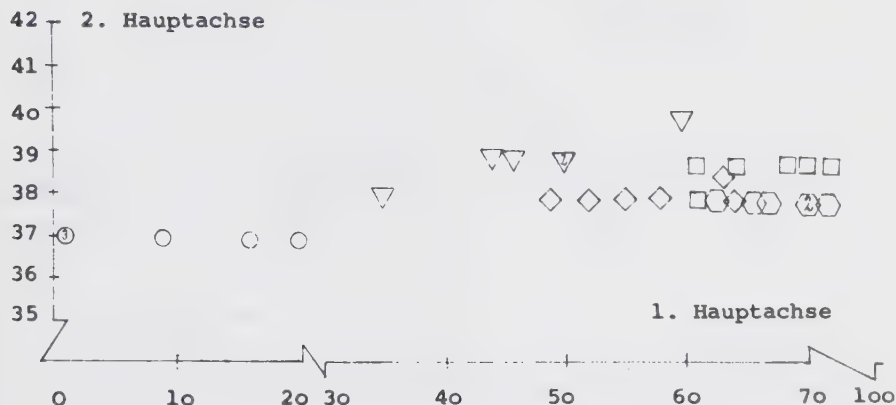


Abb. 15

oben: Lage der Gipse Begodur, Vel-mix stone, Duroc, Rapidur, Moldano in der Ebene der beiden ersten Hauptachsen.

unten: Mittelwerte für die Meßwerte Biegezug und Eindringtiefe bei den gleichen Gipsen.



○ = Begodur □ = Rapidur Mischtechnik: manuell
 ▽ = Vel-mix stone ⬡ = Moldano Lagerung : 24 Std.
 ◇ = Duroc

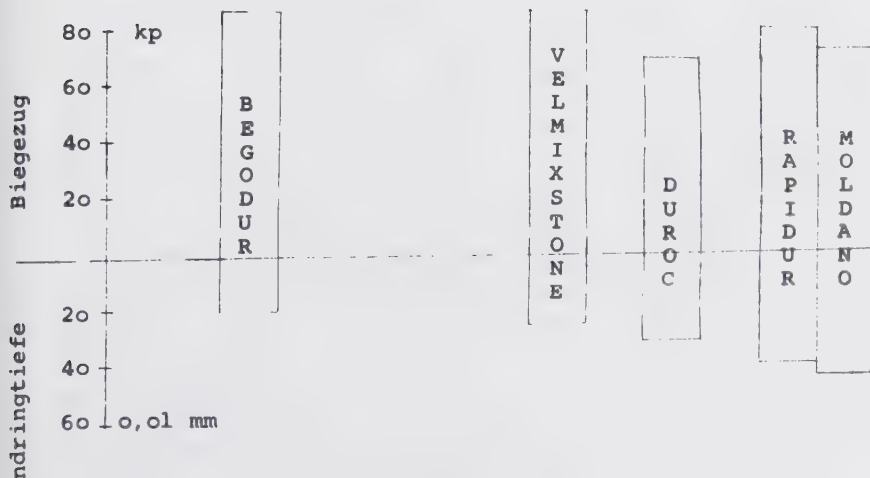


Abb. 16

oben: Lage der Gipse Begodur, Vel-mix stone, Duroc, Rapidur, Moldano in der Ebene der beiden ersten Hauptachsen.

unten: Mittelwerte für die Meßwerte Biegezug und Eindringtiefe bei den gleichen Gipsen.

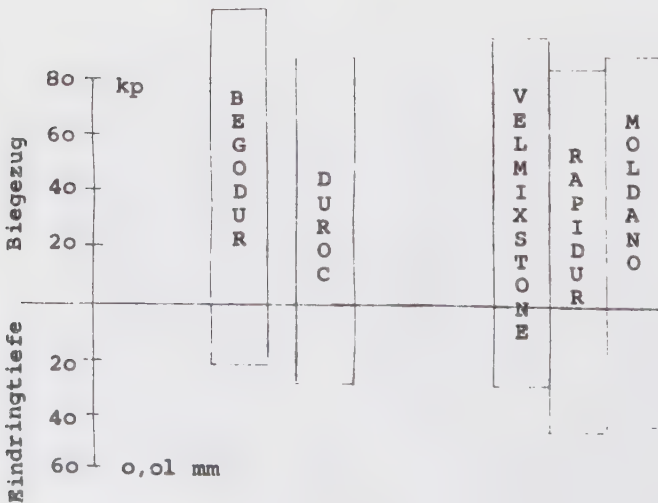
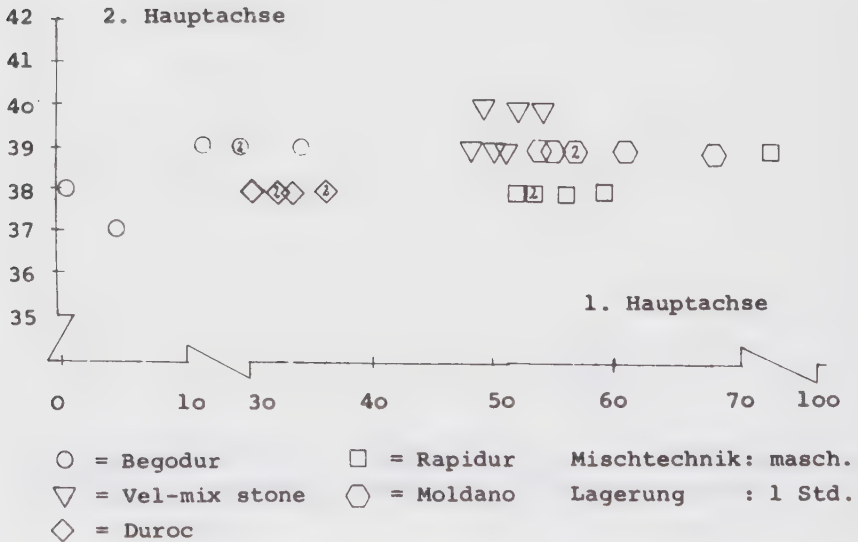
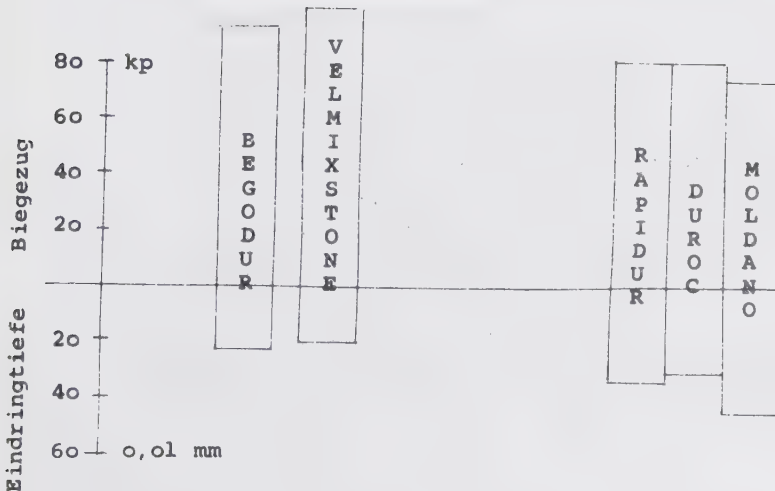
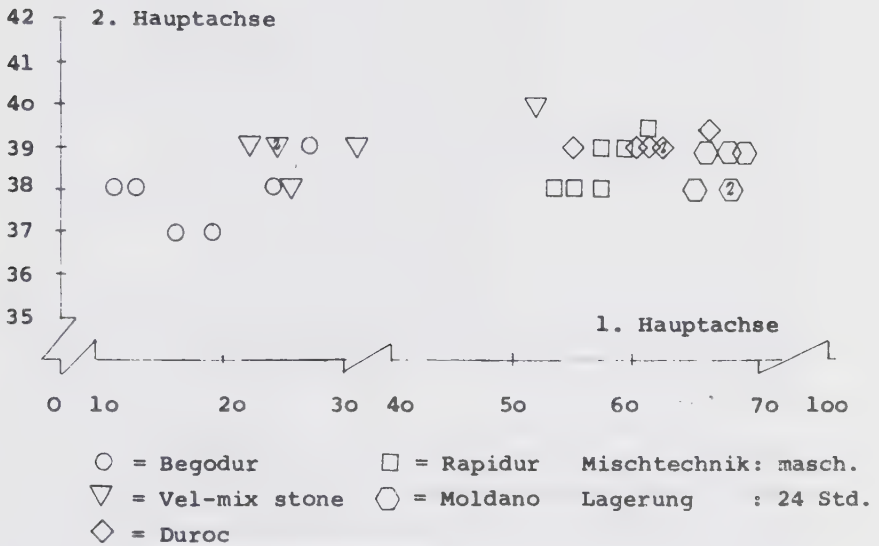


Abb. 17

oben: Lage der Gipse Begodur, Vel-mix stone, Duroc Rapidur, Moldano in der Ebene der beiden ersten Hauptachsen.

unten: Mittelwerte für die Meßwerte Biegezug und Eindringtiefe bei den gleichen Gipsen.



5.3 Diskussion der Versuchsergebnisse

Die in der Praxis auftretenden, mannigfaltigen Anforderungen an die zahnärztlichen Werkstoffe, insbesondere an die Dentalgipse, spiegeln sich wider in den klaren Festigkeits- und Härteunterschieden der Alabastergipse auf der einen, und der Hart- und Superhartgipse auf der anderen Seite.

Unsere Untersuchungen haben diese Diskrepanz zwischen Typ II, III und IV (nach FNA Dental im DNA) bestätigt. Ob unsere drei Untersuchungsmethoden bezüglich des Stellenwertes der einzelnen Gipse auf der Festigkeits- bzw. der Härteskala aussagekonform sind, soll im folgenden näher erörtert werden. Abbildungen 10 bis 17 geben Aussage über Druckfestigkeit, Biegezugfestigkeit und Härte der Alabastergipse unter den Versuchsbedingungen.

Es fällt auf, daß innerhalb der Alabastergruppe NPU und Moldabaster zum großen Teil eng beieinanderliegende Stellenwerte einnehmen, während Record deutlich abfällt.

Global kann man sagen, daß manuelle Mischtechnik geringfügige Verschiebungen auf der Härteskala, maschinelle Mischtechnik leichte Veränderungen auf allen drei Skalen bewirkt. Der Einfluß der unterschiedlichen Lagerung tritt mehr bei maschinellen Verfahren in Erscheinung, wo 1-stündiges Lagern ein Abrücken des Moldabaster von NPU und ein Annähern an Record in allen drei Funktionen hervorruft. Bei längerer, 24-stündiger Lagerung tritt wieder die Annäherung des Moldabaster an NPU und somit an höhere Werte ein. Die manuelle Mischtechnik ist besonders dadurch gekennzeichnet, daß, unabhängig von der Lagerung, NPU seinem etwas schwachen Stellenwert auf der Druckfestigkeits- und Biegezugskala nicht folgt und auf der Härteskala unerwartet vor Moldabaster liegt.

Obwohl bei unseren Messungen der Eindringtiefe die absoluten Werte zwischen Typ II und einigen Gipsen des Typs III und IV nicht sehr große Unterschiede zeigten, sind die Alabastergipse, da jeweils 2,5 mal niedrigere Prüfkraft des Kugelstempels vorlag, doch wesentlich weicher.

Wenn sich die untersuchten Alabastergipse unter den drei Funktionen auch jeweils am Ende der Skala befinden, so fällt doch auf, daß auf der Biegezugskala Moldabaster oft an die Werte von Duroc oder Moldano heranreicht. Die Druckfestigkeitskala legt am deutlichsten dar, wie groß die Unterschiede zwischen den Alabaster- und Hartgipsen sind.

Die Streuung der Alabastergipse ist unter den drei Funktionen im Vergleich zu den Hartgipsen gering. Record, als der schwächste Gips, zeigt dabei die geringsten Streuwerte. Maschinelle Mischtechnik wirkt sich hier günstiger aus, als Mischung per Hand.

Nun wollen wir der Frage nachgehen, ob die Stellenwerte der Hart- und Superhartgipse auf den Festigkeits- und Härteskalen mehr durch konstante oder mehr durch inkonstante Merkmale gekennzeichnet werden.

Wir haben gesehen, daß bei den Alabastergipsen unter den Positionen der drei Gipse Moldabaster, NPU, Record relative Stabilität auf der Druckfestigkeitsskala herrscht, während sich die Verhältnisse auf der Biegezug- und Härteskala variabler gestalten.

Im Überblick kann man sagen, daß die Druckfestigkeitsskala sowohl von gleichmäßiger Verteilung der Positionen, als auch von einer gewissen Gruppenbildung unter den Hartgipsen auf einem in etwa gemeinsamen Stellenwert gekennzeichnet ist. Dieser Trend setzt sich auf der Biegezug- und Härteskala nicht mit der gleichen Deutlichkeit fort.

Die führende Position von Begodur auf allen drei Skalen unter allen Versuchsbedingungen ist in gleicher Weise konstant, wie die Positionen vom in praxi viel gebräuchlichen Moldano, als des schwächsten Gipses.

Die übrigen Gipse Vel-mix stone, Rapidur und Duroc nehmen, fast ausschließlich auf die Druckfestigkeitsskala beschränkt, deutliche Positionswechsel nach oben und unten vor.

Der Gips Duroc ist dabei den größten Schwankungen unterworfen, gefolgt von Vel-mix stone und Rapidur. Die Eindringtiefe bzw. Härte und die Druckfestigkeit stehen bei den Hartgipsen unter Versuchsbedingungen in deutlicher Abhängigkeit, während die Biegezugfestigkeit sich weniger aussagekonform verhält.

Stärker als bei den Alabastergipsen wirkt die manuelle Mischtechnik bei den Gipsen von Typ III, IV im Sinne gleichmäßiger Verteilung der Positionen, während das maschinelle Verfahren einen gewissen Polarisierungseffekt zur gruppenhaften Anordnung von Begodur und Duroc bzw. Vel-mix stone an der Spitze und Vel-mix stone bzw. Duroc, Rapidur, Moldano am Ende der Druckfestigkeitsskala hervorruft.

Der Einfluß der Lagerungszeit ist hier von geringer Bedeutung.

Unter 24-stündiger Lagerung rutscht Duroc zu einem geringeren Druckfestigkeits- und Härtewert zwischen Vel-mix stone und Rapidur ab, während sein Biegezugwert konstant bleibt.

Einen ähnlichen Effekt ruft die unterschiedliche Lagerung bei maschineller Mischtechnik hervor. Während sich Duroc bei 1-stündigem Lagern dem Druckfestigkeitswert von Begodur nähert, nimmt bei 24-stündiger Lagerung Vel-mix stone die Position von Duroc ein, der noch tiefer als unter gleichen Bedingungen und manueller Anrührtechnik auf der Druckfestigkeitsskala zwischen Rapidur und Moldano absinkt.

Man kann feststellen, daß sich Druckfestigkeit und Härte bei den Hart- und Superhartgipsen aussagekonform verhalten. Dieser gemeinsamen Aussagekraft schließen sich die Werte auf der Biegezugskala nicht in diesem Maße an.

6. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde versucht, herauszufinden, welcher Zusammenhang zwischen Biegezugfestigkeit, Druckfestigkeit und Härte verschiedener Dentalgipse besteht.

Grundlage dieser Analyse waren entsprechende experimentelle Untersuchungen an den Alabastergipsen NPU, Moldabaster, Record und den Hart- bzw. Superhartgipsen Moldano, Duroc, Vel-mix stone, Begodur, Rapi-dur.

Es zeigte sich, daß eine übereinstimmende Aussage der drei Untersuchungsmethoden nicht in vollem Maße besteht. In der Charakterisierung eines Gipses auf seine Eigenschaft "fest" übt die Prüfung auf Druckfestigkeit einen dominierenden Einfluß aus.

Auffällig ist das oft aussagekonforme Verhalten zwischen Druckfestigkeit und Härte. Die Biegezugfestigkeit ordnet die Gipse auf ihrer Skala meist nicht in der gleichen Reihenfolge wie die beiden anderen Prüfmethoden.

Es erscheint daher vorteilhaft, die Eigenschaften "hart" und "fest" eines Gipses durch verschiedene Prüfmethoden zu testen und durch die entsprechenden physikalischen Eigenschaften zu charakterisieren. Unterschiedliche Lagerung und Mischtechnik beeinflussen zudem Festigkeits- und Härteangaben der Prüfmethoden.

7. Literaturverzeichnis

1. Bakker, B.R.

Die Erhärungszeiten des Gipses.

Z. Stomat. 7, 391 (1923)

2. Bedienungsanleitung der Fa. Zwick

für Zugprüfmaschine Nr. 1441

für Kugeldruckhärteprüfer Z 426

3. Bedienungsanleitung der Fa. Herbst

für Motova

4. Begleitschreiben

Fa. Albaum

Fa. Bayer

Fa. Dentaureum

Fa. Herbst

Fa. Kerr

Fa. Ransom & Randolph Co.

5. Bennstein, M.

Untersuchungen am Gips.

Zahnärztl. Rdsch. 46, 490, (1919)

6. Deutsche Normen

DIN-Entwurf f. Dentalgipse

(Vorlage Mai 1973)

DIN 1164

DIN 1168

DIN 17 100

DIN 51 220, 51 221 und 51 223

7. Dimitrow, P.G.

Kak dasi prigotwin tward gipstyp Moldano

Stomatologia (Sofia) 1, 51, (1959)

8. Dreyer-Jørgensen, K.P.
Untersuchungen über Härte und Kompressibilität des Modellgipses
Tandlaegebladet, 55, 555, (1951)
9. Dreyer-Jørgensen, K.P., K. u. A. Kono
Relationship between the porosity and compressive strength of dental stone
Acta odont. scand., 29, 439 ff, (1971)
10. Hofmann, M.
Die Abformung des Kronenstumpfes und das Arbeitsmodell
Dtsch. zahnärztl. Z. 22, 1288, (1967)
11. Ilg, V. K.
Über die Brinellhärte der in der "indirekten" Technik gebräuchlichen Modellwerkstoffe
Dtsch. zahnärztl. Z. 4, 1488 (1949)
12. Kaufmann, F.
Über das Verhalten von abgebundenem Stuckgips bei Lagerung in verschiedenen Temperaturen und Luftfeuchtigkeiten
Zeitschrift f. Zement, Kalk, Gips 2, 152, 1949
13. Lenz, E.
Prüfung der Modellherstellung für fest. sitzenden Zahnersatz
Dtsch. Stomat. 19, 90, (1969)
14. Morrison, D.F.
Multivariate statistical methods
Mc Graw Hill Book Company, New York
221 ff (1967)

15. Port

Über Gipse
Correspondenz Blatt für Zahnärzte
35, 19, (1906)

16. Prospekt Fa. Hinrichs

17. Ratzow, F.

Die Formfestigkeit von Gips in der
Zahntechnik
Zahnärztl. Welt 57, 180, (1956)

18. Rehberg, H. J. und Becherer

Die Bedingtheit der Härte des Gipses
und ihre physikalische Deutung
Dtsch. zahnärztl. Z. 9, 488, (1954)

19. Ritze, H.

Modellwerkstoffe
Dtsch. zahnärztliche Z. 21, 889, (1966)

20. Salamon, D.

Experimentelle Untersuchungen über die
Druckfestigkeit und Kugeldruckhärte
verschiedener Hart- und Spezialhart-
gipse Med. Diss. Mainz 1970

21. Schalon, W. und Emerich, H.

Untersuchungen über Modellgipse mit be-
sonderer Berücksichtigung des Moldanos
Zahnärztl. Rdsch. 31, 1353, (1933)

22. Schubert, L.

Über Modellgipse
Dtsch. zahnärztl. Wschr. 34, 1356 (1931)

23. Schwindling, R. und Genieser H.

Volumenverhalten, Härte und Bruch-
festigkeit neuer zahnärztlicher Hart-
gipse

Dtsch. Zahn-, Mund- u. Kieferheilk. 37, 317
(1962)

24. Weikart, P.

Beitrag zur Kenntnis der physikalisch-
chemischen Eigenschaften des Gipses

Dtsch. zahnärztl. Wschr. 41, 693, (1938)

8. Lebenslauf

Am 7. Sept. 1943 wurde ich, Rainer Hänel, als Sohn des Studenten Rudolf Hänel und seiner Ehefrau Barbara, geb. Viehweg, in Dresden geboren.

Nach der Übersiedlung 1949 in die BRD besuchte ich von 1950 - 54 die Volksschule in Oberursel und anschließend das Realgymnasium.

Nach dem Umzug der Familie nach Koblenz 1956 wurde die Schulausbildung mit dem Abitur am Neusprachlichen Gymnasium 1963 abgeschlossen.

Vom SS 1963 an war ich Student der Zahn- Mund- und Kieferheilkunde an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz und erlangte am 7. Aug. 1968 mit bestandenem Staatsexamen die Approbation als Zahnarzt.

Meine berufliche Tätigkeit begann ich als Assistenz-zahnarzt in der Praxis des Herrn ZA D. W. Lauch, Offenbach, an die sich im November 1970 mein Wehrdienst als Stabsarzt der Reserve anschloß.

Ab März 1971 war ich als Assistent in der Praxis des Herrn ZA Dr. med. dent. Hanns Dechant in Kempten/Allgäu tätig.

Seit Juni 1972 habe ich, um meine Ausbildung mit der Promotion abzuschließen, zahlreiche Urlaubs- und Krankenvertretungen im Rhein-Main-Raum durchgeführt, zuletzt in der Praxis des Herrn ZA W. May in Hofheim a. Ts.

Mein Dank geht an Herrn Prof. Dr. Marx, der mir das Thema überließ und meine Arbeit intensiv unterstützte.

Herrn Prof. Dr. Fuhr sage ich Dank für die Übernahme des Korreferates.

Desgleichen bedanke ich mich bei Herrn Dr. Scheidt für seine Bemühungen bei der Abfassung des statistischen Teils.

